

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **04228414 A**(43) Date of publication of application: **18.08.92**

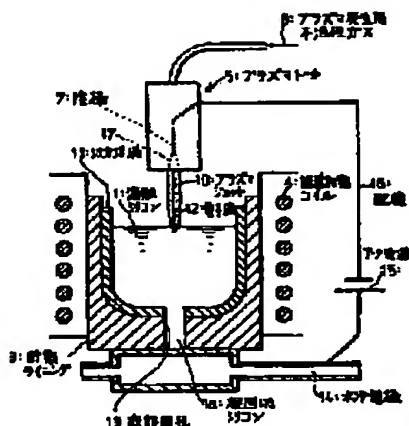
(51) Int. Cl.

C01B 33/037
H01L 31/04
(21) Application number: **03104342**(22) Date of filing: **09.05.91**
(30) Priority: **30.05.90 JP 02138266**
30.05.90 JP 02138288
(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP**
(72) Inventor: **BABA HIROYUKI**
YUSHIMO KENKICHI
ARAYA MATAO
(54) PURIFICATION OF SILICON AND APPARATUS THEREFOR
(57) Abstract

PURPOSE: To improve the purity of silicon by blasting a plasma jet stream of an inert gas added with a specific amount of steam and/or SiO_2 to the surface of molten Si held in a vessel made of SiO_2 or an SiO_2 mixture.

CONSTITUTION: Si is put into a crucible 11 covered with a heat-insulation lining 3, having a hole on the bottom and made of SiO_2 or a material composed mainly of SiO_2 . The Si is melted by heating with a dielectric heating coil 4. A plasma jet stream 10 of an inert gas such as Ar added with 0.1-10vol.% of steam and/or $\leq 1\text{g}$ of SiO_2 (based on 1NL of the inert gas) is blasted together with an electron beam 12 from a plasma arc torch 5 against the molten Si 1. The molten Si 1 is stirred by the action of the plasma jet 10 and the electron beam 12 to promote the elimination reaction of B and C in the molten Si 1 from the high-temperature part and obtain a high-purity Si.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-228414

(43)公開日 平成4年(1992)8月18日

(51)Int.Cl.³

C 0 1 B 33/037

H 0 1 L 31/04

識別記号

庁内整理番号

6971-4G

7376-4M

F I

H 0 1 L 31/04

技術表示箇所

X

審査請求 未請求 請求項の数7(全8頁)

(21)出願番号 特願平3-104342

(22)出願日 平成3年(1991)5月9日

(31)優先権主張番号 特願平2-138266

(32)優先日 平2(1990)5月30日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平2-138268

(32)優先日 平2(1990)5月30日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72)発明者 馬場 裕幸

千葉県川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 湯下 憲吉

千葉県川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 荒谷 復夫

千葉県川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

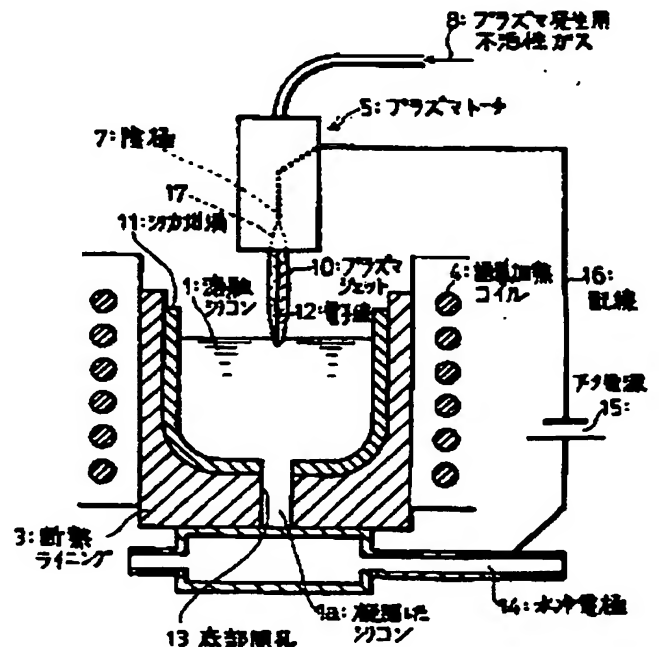
(74)代理人 弁理士 小杉 佳男 (外1名)

(54)【発明の名称】 シリコン精製方法及び装置

(57)【要約】

【目的】本発明は、太陽電池原料として使用することができる高純度のシリコンの精製方法及び装置に関し、金属シリコンのようにボロン及び炭素を多量に含むシリコンから、含有するボロン及び炭素を太陽電池用原料シリコンとして使用可能な濃度にまで除去する、経済的かつ量産性の高い方法及びその方法の実施に用いる装置を提供する。

【構成】シリカあるいはシリカを主成分とする容器内に溶融シリコンを保持し、該溶融シリコンの溶湯面に、プラズマジェット流を噴射する。このプラズマガスとして用いる不活性ガスに水蒸気を0.1～10体積%添加、及び/又はこの不活性ガス1Nリットル当りシリカを最大1g添加することが好ましい。また上記容器の底を開孔し、該開孔部分の溶湯を凝固せしめる冷却構造を有する電極を設け、該電極とプラズマトーチに内装されたプラズマ陰極との間にプラズマ発生用電源を接続し、プラズマジェットと電子線との双方をシリコン溶湯面に吹付けることが好ましい。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリカあるいはシリカを主成分とする容器内に熔融シリコンを保持し、該熔融シリコンの溶湯面に、プラズマガスジェット流を噴射することを特徴とするシリコン精製方法。

【請求項2】 プラズマガスとして用いる不活性ガスに水蒸気を0.1～10体積％添加することを特徴とする請求項1記載のシリコン精製方法。

【請求項3】 プラズマガスとして用いる不活性ガス1Nリットル当りシリカを最大1g添加することを特徴とする請求項1又は2記載のシリコン精製方法。

【請求項4】 プラズマガスを噴射するプラズマトーチと熔融シリコンとの間にプラズマ発生用電圧を印加して精錬することを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載のシリコン精製方法。

【請求項5】 熔融シリコンを保持するためのシリカあるいはシリカを主成分とする容器と、前記容器の外側から該容器内の熔融シリコンに熱を与える加熱手段と、前記容器内の熔融シリコンの溶湯面にプラズマガスを噴射するプラズマトーチとを備えたことを特徴とするシリコン精製装置。

【請求項6】 熔融シリコンを保持するためのシリカあるいはシリカを主成分とする容器と、前記容器の外側から該容器内の熔融シリコンに熱を与える加熱手段と、前記容器内の熔融シリコンの溶湯面にプラズマガスを噴射するプラズマトーチとを備え、前記容器内の熔融シリコンと前記プラズマトーチとの間にプラズマ発生用電圧を印加してなることを特徴とするシリコン精製装置。

【請求項7】 前記容器の底部を開孔し、該開孔部分の溶湯を凝固せしめる冷却構造を有する電極を設け、該電極と前記プラズマトーチに内装されたプラズマ陰極との間にプラズマ発生用電源を接続してなることを特徴とする請求項6記載のシリコン精製装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、太陽電池原料として使用することができる高純度のシリコンの精製方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 太陽電池に使用される高純度シリコンは、例えば比抵抗が0.1Ωcm以上のものが使われるが、このようなシリコンではSi中に含まれる不純物含有量がppmオーダーまで除去されている必要がある。これに対して従来種々の技術が検討されているが、ボロン及び炭素は最も除去しにくい元素である。

【0003】 特開昭63-218506号公報には、高周波励起によって得られる熱プラズマ下でシリコンを溶解する方法によってボロンを除去することができることが示されている。そこには、シリコンを高周波励起によるプラズマで溶解するに当り、第1工程では1～100

2

%H₂と99～0%Arの混合ガスで処理し、第2工程では0.005～0.05%の酸素と1～99.995%のH₂を含むArとの混合ガスをプラズマ発生用ガスとしたプラズマで処理すると記載されている。

【0004】 このような方法では、

(イ) 熱の利用効率の悪いプラズマでシリコンの溶解、精製すべてを行うため、経済的に多大の負担が生じること

(ロ) プラズマで熔融した場合、熔融したシリコンの領域は比較的小さな領域に限定されるため、生産性が悪く太陽電池用に利用するための大量生産に不向きな技術であること

(ハ) 局部的にシリコンの温度が過上昇するため精錬中のシリコンのロス（飛散、蒸発）が多く、プラズマガス中の酸素濃度を大きくできないことなどの欠点があった。

【0005】 また炭素については、例えば特開昭62-292613号公報に示されるように、シリカ坩堝中で熔融したシリコンに減圧下でArガスを吹込み、これにより該熔融シリコンが攪拌されて脱炭できることが示されている。この方法では、脱炭速度が遅く、生産性が悪いという欠点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、前記問題点を解決したシリコンの精製方法および装置を提供しようとするものである。すなわち、金属シリコンのようにボロン及び炭素を多量に含むシリコンから、含有するボロン及び炭素を太陽電池用原料シリコンとして使用可能な濃度にまで除去する、経済的かつ量産性の高い方法およびその方法の実施に用いる装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するための本発明のシリコン精製方法は、

(1) 原料となるシリコンを、シリカあるいはシリカを主成分とする耐火物で内張された容器中に、誘導加熱や抵抗加熱など通常の方法で熔融して保持し、

(2) この熔融シリコンの溶湯面に、上部より、アークにより発生した高温、高速のプラズマジェットガスを吹付け、このプラズマジェットにより熔融シリコンを攪拌すると共に、このプラズマジェットが熔融シリコンに衝突する高温部において、シリコン中のボロン及び炭素をガス中に除去することを特徴とする。

(3) ここで、誘導加熱等の通常の加熱手段によって熔融攪拌されたシリコンの表面に熱プラズマジェットを吹付けるための熱プラズマ発生用ガスとして用いるアルゴン又はヘリウムなどの不活性ガスに水蒸気を0.1～10体積％の範囲で添加することが好ましい。

(4) またこの場合プラズマガス1Nリットル当りシリカを最大1g添加すると好適である。ここで1Nリット

3

ルとは、標準状態（0℃、1気圧）における気体1リットルをいう。

（5）さらにプラズマガスを噴射するプラズマトーチと、熔融シリコンとの間にプラズマ発生用電圧を印加して精錬することが好ましい。

【0008】また、上記方法を実施するための本発明のシリコン精製装置は、

（6）熔融シリコンを保持するためのシリカあるいはシリカを主成分とする容器と、

（7）前記容器の外側から該容器内に保持された熔融シリコンに熱を与える加熱手段と、

（8）前記容器内に保持された熔融シリコンの浴面にプラズマガスを噴射するプラズマトーチとを備えたことを特徴とする。

（9）ここで、前記容器内に保持された熔融シリコンと前記プラズマトーチとの間にプラズマ発生用電圧を印加することが好ましい。

（10）また、容器内の熔融シリコンとプラズマトーチとの間にプラズマ発生用電圧が印加された精製装置を構成するにあたり、容器底を開孔し、その部分から溶湯が容器外に洩れないようにその部分の溶湯に温度勾配を付けて凝固させるための冷却構造をもつ電極を容器開孔部直下に備え、該電極とプラズマトーチに内装されたプラズマ陰極とを電源を介して配線により接続し通電する構成とすることが好ましい。

【0009】

【作用】容器中のシリコン全体を熔融状態におくことで、プラズマジェットによるシリコン浴の攪拌を容易にし、これによって容器壁からシリコン中への酸素の供給を促進し、シリコン浴全体の酸素ポテンシャルを高め、炭素、ボロンの除去を有利に進めることができる。

【0010】プラズマ発生ガスとしては通常Ar、Heなどの不活性ガスまたはこれにH₂を混入した混合ガスを用いる。本発明では、シリコンより除去されるボロン、炭素は酸化物としてガス中に移行される。酸素は、熔融シリコンの攪拌により容器に用いたシリカより供給される。溶解用坩堝には、シリカあるいはシリカを主成分とした耐火物で内張された容器が用いられるが、これはシリコン中への不純物の混入を押えると同時に、シリカが酸素供給源及び炭素除去の反応サイトを提供することから炭素除去を同時に行わせるには不可欠の要件である。しかし、より速い反応を期待するには、プラズマトーチの出口において、プラズマジェット中にH₂O、O₂などの酸化ガスあるいはシリカの粉末を混合することが良好な結果をもたらす。特に水蒸気を0.1～10体積%添加するか、及び/又は不活性ガス1Nリットルあたり粉末シリカを最大1g添加すると有効である。

【0011】また、この場合、プラズマジェット中の酸素含有量が高いと、熔融シリコン上に固体状態のシリカが形成されることがあるが、この場合少量の溶剤（例え

4

ばCaOやCaF₂など）を添加することによって、精製したシリカを熔融状態にし、プラズマジェットによる熔融シリコンの攪拌作用を妨げないようにすることができる。

【0012】またプラズマ発生ガスとしてのArまたはHeガスにH₂を添加することにより、プラズマのジェットパワーを上げることにより熔融シリコンの攪拌作用を強化した場合と同等の作用を得ることができる。以上の場合、アークがプラズマトーチ内で発生しているが、容器底に開孔部を設けてそこに電極を設置し、これによりプラズマ陰極から熔融シリコンに電子線が飛ぶようにするとアークがプラズマトーチ外に発生することとなり、このためトーチの発熱が押えられエネルギーロスをさらに小さくすることができる。またアークがプラズマトーチ外に発生することから、プラズマジェットガスと共に電子線が熔融シリコンの浴面に吹付けられてこのプラズマジェットと電子線との双方により熔融シリコンが攪拌され、浴面に吹付けられた電子線は熔融シリコン中を攪拌しながら該熔融シリコン中を電流として通ることとなり、これにより熔融シリコンの攪拌が強化される。また、プラズマジェット及び電子線が熔融シリコンに衝突する高温部において、シリコン中のボロン及び炭素の除去反応はさらに速く進行することとなる。

【0013】また、このボロン等の除去反応は、大気圧下で処理した場合でも十分速く進行するが、より効率的に進行させるには減圧下で処理を行うことが望ましく、この場合、SiO₂としてのシリコンのロスを過大にしないためには10⁻³～1atmの範囲が望ましい領域と言える。上記シリコン浴の攪拌は、プラズマジェットの衝突により、または該プラズマジェットと電子線との双方の衝突により、熔融シリコンが表面層で過度に昇温されることが防止され、高温に加熱される部分がプラズマジェット（および電子線）とシリコン浴の衝突する領域に限定されるようになり、シリコンの蒸発ロスを最小に押える作用をする。ここで、シリコン浴中を電流が流れるようにした場合は、上記のようにシリコン浴の攪拌がより強化されるためさらに効果的である。

【0014】また小型の実験からシリコン浴を攪拌することでプラズマジェットに添加する水蒸気濃度は、10体積%まで高めても処理中にロスするシリコンは10%以下におさえられることがわかった。このように、シリコン浴の攪拌は本発明をよりよく実施するために不可欠な事項であり、誘導加熱を併用した場合は、これにさらに有利に作用することとなる。

【0015】この技術では原料として金属シリコンを用いるが、炭素の除去をより有効に行うには、予め濾過などにより金属シリコンに含まれるSiCを除去しておくことが望ましい。また精製を完了したシリコン中の他の不純物は、通常行われる一方向凝固などにより、太陽電池として所要の濃度まで容易に除去することができる。

5

【0016】このように本発明は、シリコンの溶融に誘導加熱等の通常の方法を用いて、容器中のシリコン全部を溶融し、これにプラズマジェットを吹き付けるものであるが、こうすることによって、プラズマの使用を精製作用を目的とする時間内に限定することができ、プラズマトーチからのシリコンへの不純物の混入や、エネルギーのロス最小に押えることができる。

【0017】

【実施例】以下本発明の実施例について説明する。図1は、本発明のシリコン精製装置の第一実施例の縦断面図である。この図において、溶融シリコン1は石英坩堝2中に収納され、その外周が断熱ライニング3で囲まれており、その外側に誘導加熱コイル4が装着されている。溶融シリコンの上方にプラズマトーチ5が備えられており、該プラズマトーチ5には電極として陽極6、陰極7があり、プラズマ発生用不活性ガス8を励起してプラズマジェット10を発生させ、溶融シリコン1の上面に照射する。プラズマ発生用ガスには、必要に応じてH₂O、O₂またはSiO₂の粉末9が添加される。*

$$-d[B]/dt = \kappa[B] + C$$

ここに、

[B] : シリコン中のボロン濃度 (ppmW)

t : 時間 (min)

κ : 係数で、水蒸気又は、酸素添加量の関数になる。

【0021】C : 定数

上記(1)式中の κ が脱ボロン反応速度係数となり、この値が大きいくほど効率よくボロンが除去されることになる。さらに処理条件を代えて検討を続けたところ速度係数 κ はプラズマガスに添加する水蒸気、酸素あるいはシリカ粉等の酸化剤の量によって変化し、脱ボロンを好適に進行せしめるには、水蒸気添加量を0.1~10体積%、粉末シリカを不活性ガス1Nリットルあたり1g以下の範囲に制御することが必要ことがわかった。

【0022】すなわち、図3に示すようにプラズマガス中に添加する水蒸気の濃度を0.1~10体積%の範囲にすることでボロン除去速度が向上することがわかった。これは、0.1体積%未満の添加量では、脱ボロン速度が小さくすぎて、実用上処理時間長くなり過ぎ、また、10体積%を越えると、脱ボロン反応の起こる、プラズマジェットがシリコンの浴面に衝突する部分にシリコン酸化物の被膜が形成され、処理ができなくなるためである。

【0023】従来特開昭63-218506号公報では0.005%~0.05%の酸素と1~99.995%の水素を含むAr混合ガスを用いる方法が示され、上記0.05%の酸素含有量は、臨界的な値と示されている。本発明者らは、本法に用いたアークプラズマ発生装置を用いてこの公報に示された方法にしたがって50gのシリコンを用いて実験を行ってみたが、0.05%以上の酸素を混合すると、シリコン表面に酸化被膜が生じ

6

*【0018】ここでは、図1に示すように、まずシリコンを誘導加熱等の通常の加熱手段によって溶解すると同時に誘導によりこれを攪拌し、この溶融シリコン1の浴面に熱プラズマジェット10を吹付け処理する。この溶融に用いる坩堝の材質としてはシリコン1の汚染がないように石英坩堝を用いるのが好適である。当然のことながら石英と素材が同一である二酸化珪素(SiO₂、シリカ)の粉をスタンプした坩堝を用いてもよい。

【0019】上記シリコン精製装置を用い、石英坩堝2(内径115mm、高さ70mm)中で金属シリコン1kgを誘導加熱で溶解し、これに30KWのアークプラズマトーチ5で発生したプラズマジェット10を浴表面50mmの位置で吹付けた。このときの溶融シリコン1中のボロン濃度変化は図2に示すように変化した。このプラズマジェットには、図示のようにH₂OやSiO₂を加えた。脱B反応は下記(1)式のようにボロンの1次反応として観察された。

【0020】

…(1)

脱ボロン速度が遅くなり、シリコンのロス量も約40%に達して多くなる等の問題があり、処理量が小さなものになってしまい、良好な結果は得られなかった。

【0024】これに対して、本発明では、上記のように、従来技術より大幅に多量の酸化剤の供給を可能とし、短時間で一度に多量のシリコンの精製を可能としている。この原因については必ずしも明確ではないが、誘導加熱によって生じる攪拌効果によって攪拌されているシリコン表面にプラズマジェットを当て、局部的に超高温の反応部分を形成したため、生成する酸化被膜が消滅したこと、酸化剤としてH₂Oガス、SiO₂の粉末を用いた効果によるものと考えられる。このように、本発明は、従来技術と比較して大きな酸化剤供給速度を可能にした量産向の精製技術である。

【0025】本発明では、酸化剤としてシリカ粉末を用いても生成を行うことができたが、より実用的には、これをH₂Oガス添加と併用して用いることによって図3に示すようにさらに大きな効果を上げることができた。このときのシリカ(平均粒径10 μ)の添加量はプラズマガス1Nリットル当たり最大1gの範囲が好適であり、これを越えると、シリコン浴表面がシリカでおおわれて、処理に支障が生じた。

【0026】また、シリカ粉末の代りにCaO、CaF₂、CaCl₂の1種または2種以上の混合物を添加した場合にもシリカ粉末を添加したのと同じような効果が認められた。これは、これらの混合物が反応において溶融し生成するシリコン酸化物を吸収するため、同様な効果が得られたものと考えられる。

<実施例1>

図1に示す装置と同様な装置を用いて、500gのシリ

7

コンを、石英坩堝2に代えて配置された直径80mmのシリカ坩堝に入れて誘導加熱コイル4で1430℃に大気圧で熔融し、これに30KWのアーカプラズマトーチ5（プラズマガスAr15l/min）で発生したプラズマジェット10をシリコン浴表面から50mmの位置より30分吹付けた。この処理により、シリコン中の炭素、ボロンは、表1のNo. 1に示すように除去された。

<実施例2~3>

図1に示す装置を用いて、石英坩堝2（内径115mm、高さ70mm）中で金属シリコン1kgを誘導加熱で溶解し、これに30KWのアーカプラズマトーチ5で発生したプラズマジェット10を浴表面50mmの位置で吹付けた。このプラズマジェット10中にはH₂Oを各々3体積%、4、5体積%加え、60分の処理を行った。この処理により、シリコン中の炭素、ボロンは表1のNo. 2、No. 3に示すように除去された。

<実施例4>

上記実施例2、3と同じ方法装置を用いてプラズマジェットに3体積%のH₂Oを添加し、さらにSiO₂の粉末を0.6g/Nリットル加えたときの結果は表1のNo. 4のようであった。

<実施例5~6>

上記実施例1と同じ方法装置を用いて、プラズマジェットに各々H₂Oを9体積%、O₂を0.1体積%加え、30分の処理を行った。このときの炭素、ボロンの変化は表1のNo. 5、No. 6のようであった。しかし、O₂を0.15体積%添加した時は、表面に固化したシリカが生成し良好な処理ができなかった。

<実施例7>

上記実施例1、5~6と同じ方法装置を用いてプラズマジェットに3体積%のH₂Oを添加し、処理の雰囲気圧力を10⁻²atmに減圧したときの結果は表1のNo. 7のようであった。この場合の処理時間は30分であった。

<実施例8>

上記実施例1と同じ方法装置を用いて、大気圧でプラズマジェットに0.1体積%のO₂を添加し、さらに溶剤としてCaF₂:20g、CaO:20gを添加したとき、処理は順調に行うことができ、結果は表1のNo. 8のようであった。

<比較例>

従来法と同様にして500gのシリコンを直径80mmのシリカ坩堝で一度溶かしたものを固め、これをプラズマで30分間溶解、精製処理した時の結果を表1のNo. 9に示す。本発明の方法に比べ精製効果が小さく、かつ、シリコンのロスが多い。また、この実験では添加したO₂量が0.05体積%と低いのがこれ以上添加すると、この方法では順調な溶解精製ができなかった。

【0027】図4は、本発明のシリコン精製装置の第二

8

の実施例の縦断面図である。この図において、前述した第一の実施例（図1参照）と対応する部材には図1に付した番号と同一の番号を付し、説明は省略する。図4はライニング3でライニングされた底部に開孔のあるシリカ坩堝11中にシリコンを収納し、誘導加熱コイル4でシリコンを溶解した後、プラズマアークトーチ5からプラズマジェット10及び電子線12を噴射し、熔融シリコン1に吹付けている状態を示している。シリカ坩堝11の底部開孔13内のシリコン1aは、その直下に設けられた水冷電極14で冷却されて凝固した状態となっており、この部分を通して水冷電極14に電流が流れる構造となっている。電極の冷却は水の他、冷却された気体を使用しても同様の効果が得られる。アーカ電源15は配線16によって図4のようにプラズマ陰極7及び水冷電極14と接続されており、電子線12とシリコン1、1aを介して閉じた電気回路を形成している。アーカプラズマトーチ5にはプラズマガス8としてAr又はArにH₂を加えたガスが供給される。またプラズマガス中に、H₂O、O₂又はSiO₂を混合する入り口17から混合物が添加される。

<実施例9>

500gのシリコンを、底部に直径15mmの開孔13のある直径80mmのシリカ坩堝11に入れて誘導加熱コイル4で1430℃に大気圧で熔融し、これに30KWのアーカプラズマトーチ5（プラズマガスAr15l/min）で発生したプラズマジェット10とともにプラズマ陰極から発せられた電子線12をシリコン浴表面から50mmの位置より30分吹付けた。この処理により、シリコン中の炭素、ボロンは、表2のNo. 1に示すように除去された。

<実施例10>

上記実施例9と同一の方法装置を用いて、プラズマジェット10にH₂Oを5体積%加え、30分の処理を行った。このときの炭素、ボロンの変化は表2のNo. 2のようであった。

<実施例11>

上記実施例9、10と同一の方法装置を用いてプラズマジェット10に3体積%のH₂Oを添加し、処理の雰囲気圧力を10⁻²atmの減圧にしたときの結果は表2のNo. 3のようであった。

<実施例12>

上記実施例9~11と同一の方法装置を用いて、大気圧でプラズマジェット10に10体積%のH₂Oを添加したときの結果は表2のNo. 4のようであった。

<比較例>

従来法と同様にして500gのシリコンを直径80mmのシリカ坩堝11で一度溶かしたものを固め、これをプラズマで30分間溶解、精製処理した時の結果を表1のNo. 9に示す。本発明の方法に比べ精製効果が小さく、かつ、シリコンのロスが多い。また、この実験では添加

したO: 量が0.05体積%と低いのがこれ以上添加する * 【0028】

と、この方法では順調な溶解精製ができなかった。 * 【表1】

No.	条 件	処理前濃度 (ppm)		処理後濃度 (ppm)		処理中の汚物の収率 (%)	プラズマ電力 (kW)	
		ボロン	炭素	ボロン	炭素			
1	Arのみ・大気圧	17	72	12	18	2.0	14	実施例
2	H ₂ O 3%	17	63	3.1	<10	2.1	15	"
3	H ₂ O 4.5%	17	65	1.0	<10	3.5	15	"
4	H ₂ O 3% SiO ₂ 粉末 0.6g/Nリットル	17	70	1.1	<10	2.5	16	"
5	9%H ₂ O添加・大気圧	13	65	1.0	<10	2.7	15	"
6	0.1%O ₂ 添加・大気圧	16	67	8.0	<10	4.5	15	"
7	3%H ₂ O添加 圧力10 ⁻¹ atm	15	63	4.5	<10	5.0	13	"
8	0.1%O ₂ 添加・相対添加	17	65	5.5	<10	7.0	14	"
9	0.05%O ₂ 添加・大気圧	18	62	13	20	25.0	13	比較例

【0029】

【表2】

No.	条 件	処理前濃度 (ppm)		処理後濃度 (ppm)		処理中の汚物の収率 (%)	プラズマ電力 (kW)	
		ボロン	炭素	ボロン	炭素			
1	Arのみ・大気圧	18	74	12	18	2.5	11	実施例
2	5%H ₂ O添加・大気圧	16	65	5.0	<10	3.2	9	"
3	3%H ₂ O添加 圧力10 ⁻¹ atm	17	63	4.5	<10	5.1	10	"
4	10%H ₂ O添加・大気圧	15	70	1.5	<10	8.5	11	"

【0030】

【発明の効果】本発明は太陽電池原料として使用される高純度シリコンを経済的に製造する方法を提供するもので、本発明を実施することによって、安価な金属シリコンを出発原料として高純度シリコンを製造することができるようになり、従来高価な半導体用シリコンを用いていた太陽電池の低コスト化を可能とする。本発明は、これによって太陽電池利用を大きく進展させることができる等、社会的にも多大の貢献をもたらす技術である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシリコン精製装置の第一の実施例の縦断面図である。

【図2】図1に示す装置でシリコンの精製を行った際のシリコン中のボロン濃度の経時変化を示すグラフである。

【図3】速度係数κの添加剤依存性を示すグラフである。

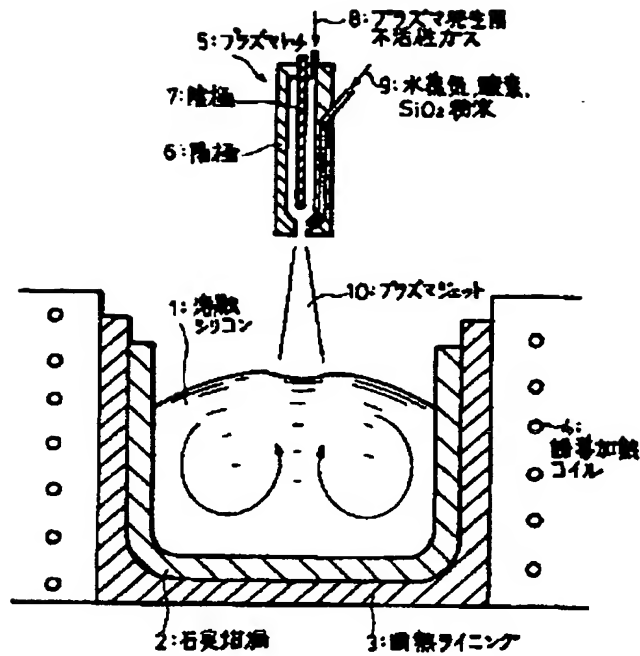
【図4】本発明のシリコン精製装置の第二の実施例の縦

断面図である。

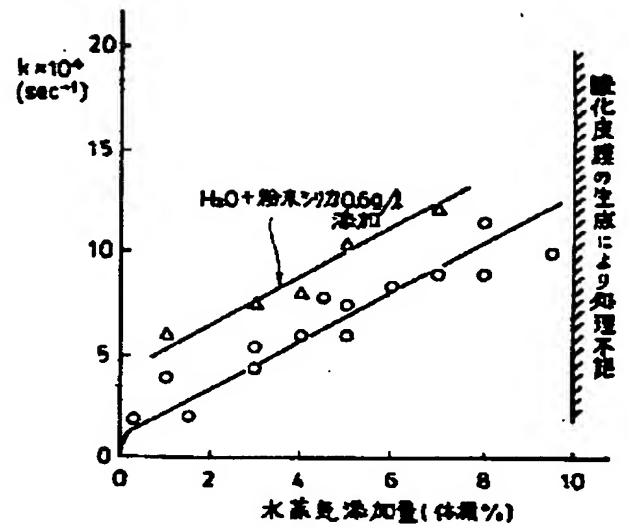
【符号の説明】

- 1 熔融シリコン
- 2 石英坩堝
- 3 断熱ライニング
- 4 誘導加熱コイル
- 5 プラズマトーチ
- 6 陽極
- 7 陰極
- 8 プラズマ発生用不活性ガス
- 9 水蒸気、酸素、SiO₂粉末
- 10 プラズマジェット
- 11 シリカ坩堝
- 12 電子線
- 13 底部開孔
- 14 水冷電極
- 15 アーク電源
- 16 配線

【図1】



【図3】



【図2】

